

การทดสอบประสิทธิภาพการรับกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างอาคารเก่า ในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมด้วย REBOUND HAMMER

ศรัทธา พลังทรงสถิต^{1*}, ศุภนุช ออกอุ่น¹, แดน อุดรพงษ์¹, ไชยพันธ์ รัตนโชตินันท์¹, กฤษ คำคุณธรรม¹, จุฬาวลัย นนตะพันธ์¹,
อรรษณพงษ์ พรหมงาม² และจรัส รัตนโชตินันท์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและบริหารงานก่อสร้าง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

² นักวิจัยอิสระ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพและความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารเก่าในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม โดยทำการทดสอบอาคารทั้งหมด 10 อาคาร โดยใช้รีบา운드แฮมเมอร์ (Rebound Hammer) ซึ่งเป็นเครื่องมือทดสอบกำลังอัดคอนกรีตแบบไม่ทำลายที่สามารถประเมินกำลังอัดได้โดยไม่สร้างความเสียหาย ผลการทดสอบให้ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับความแข็งแรงของคอนกรีตในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งสะท้อนสภาพความเสื่อมและศักยภาพในการรับน้ำหนัก เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดที่แม่นยำยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือจึงถูกนำมาปรับแก้ด้วย ค่า Correction Factor ที่ 12% ค่าปรับแก้นี้ได้มาจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากรีบา운드แฮมเมอร์กับค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแบบทำลาย (Destructive Test) บนตัวอย่างคอนกรีตจริงในห้องปฏิบัติการ ข้อมูลนี้จำเป็นต่อการวางแผนบำรุงรักษา ปรับปรุง หรือซ่อมแซม รวมถึงการประเมินความปลอดภัยของอาคารในระยะยาว การศึกษานี้มุ่งสนับสนุนการจัดการอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและเสนอแนวทางการใช้รีบา운드แฮมเมอร์กับโครงสร้างเก่าในสถาบันการศึกษา

คำสำคัญ: รีบา운드แฮมเมอร์ กำลังอัดคอนกรีต การทดสอบแบบไม่ทำลาย

* ผู้รับผิดชอบบทความ : sattha.p@chandra.ac.th

Testing the Compressive Strength of Concrete in Old Building Structures at Chandrakasem Rajabhat University Using the Rebound Hammer

Sattha Phalungsongsathit^{1*}, Supanush Okoun¹, Dan Auttarapong¹, Chaiyanunt Rattanashotinunt¹,
Krit Kumnoontum¹, Jurawan Nontapon¹, Atsanupong Promngam² and Jaran Ratanachotinun¹

¹ Department of Civil and Construction Management Engineering, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University

² Independent researcher

Abstract

This study evaluated the structural strength of 10 old buildings at Chandrakasem Rajabhat University using a Rebound Hammer, a non-destructive testing method. The results were adjusted with a 12% correction factor to ensure accuracy. This data is critical for effective building management, providing the basis for future maintenance and safety planning. The report proposes a methodology for using the Rebound Hammer to assess older educational structures.

Keywords: Rebound Hammer, Concrete Compressive Strength, Non-destructive Testing

* Corresponding author: sattha.p@chandra.ac.th

1. บทนำ

ในการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-destructive testing) ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของวัสดุ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างหรือวัสดุนั้น ๆ วิธีการนี้มักถูกนำมาใช้กับโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ยากต่อการทำลายหรือถอดชิ้นส่วนออกมาทดสอบ เช่น สะพาน หรืออาคารคอนกรีตขนาดใหญ่ เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่และเมื่อผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลานาน อาจเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งนำไปสู่ความเสียหายหรือการพังทลาย เช่น การทรุดตัว การพังถล่ม หรือการเกิดรอยร้าวที่ผนังหรือคาน และจากการสำรวจโครงสร้างอาคารเก่าในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมจำนวน 10 อาคาร พบปัญหาของโครงสร้างอาคารดังนี้ การเกาะของผิวคอนกรีต การบิดเบี้ยวหรือเคลื่อนตัวของโครงสร้าง การสูญเสียผิวคอนกรีตเนื่องจากการสึกกร่อน และการวิบัติของวัสดุอุดรอยร้าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าว โดยวิธีการทดสอบคอนกรีตแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก คือ การทดสอบคอนกรีตแบบทำลาย และการทดสอบคอนกรีตแบบไม่ทำลาย

ในการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตด้วยวิธีการทำลาย มีหลายรูปแบบ หนึ่งในนั้นคือ การหล่อแท่งคอนกรีตเพื่อทดสอบด้วยเครื่องไฮดรอลิก ซึ่งใช้แรงกดจนแท่งตัวอย่างเกิดการแตกร้าว เพื่อหาค่ากำลังรับแรงที่แท้จริงของคอนกรีตสูตรนั้น ๆ และประเมินความเหมาะสมกับการใช้งาน อีกวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การทดสอบความแข็งแรงของคอนกรีตโดยการเจาะ (Concrete Coring Machine Test) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทำลายโครงสร้างบางส่วน โดยใช้เครื่องเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากโครงสร้างอาคาร เช่น บริเวณเสา คาน หรือส่วนที่ต้องรับแรงสูง ข้อควรระวังที่สำคัญที่สุดคือ หลีกเลี่ยงการเจาะถูกเหล็กเสริมโครงสร้างโดยเด็ดขาด โดยทั่วไปจะเก็บตัวอย่างคอนกรีตเป็นรูปทรงกระบอกจำนวน 3 ก้อน เพื่อนำไปทดสอบกำลังอัดในห้องปฏิบัติการ วิธีการนี้มีข้อดีคือให้ผลทดสอบที่มีความแม่นยำสูงกว่าการทดสอบแบบไม่ทำลาย เช่น Rebound Hammer Test หลังจากดำเนินการทดสอบแล้ว จำเป็นต้องมีการซ่อมแซมบริเวณที่เจาะตัวอย่างออกไป โดยการใช้วัสดุอุดรูปทรงทแยงมุมทรายกำลังสูงชนิดไม่หดตัว ทั้งนี้การทดสอบรูปแบบนี้ควรอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยและความถูกต้องของผลลัพธ์

การทดสอบคอนกรีตแบบไม่ทำลาย หรือที่รู้จักกันในชื่อ การทดสอบค้อนกระแทก (Rebound Hammer Test) หรือ ชมิทท์แฮมเมอร์สเทส (Schmidt Hammer Test) เป็นวิธีการที่ใช้ประเมินกำลังอัดประลัย หรือค่า F'_c ของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C805 โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างหรือวัสดุโดยตรง วิธีการนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการตรวจสอบโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ยากต่อการรื้อถอนหรือเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบแบบทำลาย อาทิ สะพานหรืออาคารคอนกรีตขนาดใหญ่ หลักการพื้นฐานของการทดสอบนี้คือการวัดค่า ดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number) ที่เกิดจากการกดแท่งทดสอบ (Plunger) และกระบอกทดสอบ (Housing) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในจะทำให้แท่งทดสอบเกิดการสะท้อนกลับ โดยมีค่าดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับพลังงานของผิวคอนกรีต ผิวคอนกรีตที่มีความแข็งมากกว่าจะให้ค่าดัชนีสะท้อนกลับที่สูงกว่า ค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบนี้เป็นการแปลงมาจากค่าความแข็งแรงของผิวคอนกรีตที่วัดได้ โดยส่วนใหญ่ การทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตด้วยวิธีการไม่ทำลายเป็นการตีความผลการวัดค่าต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติหรือกลไกการเสื่อมสภาพของโครงสร้าง อย่างไรก็ตาม หลักสำคัญของการทดสอบแบบไม่ทำลายคือการเก็บข้อมูลที่เพียงพอต่อการประเมินสภาพของโครงสร้างโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับที่มากเกินไป ซึ่งการวิจัยนี้ได้นำวิธีการทดสอบด้วยค้อนกระแทกมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตเพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของวัสดุในโครงสร้างอาคาร

การวิจัยนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัย การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตและอายุคอนกรีต (วินิตย์ ชลายนานนท์ และสุววัฒน์ พาทสุวณโณ, 2531) ได้มีการศึกษาและจัดทำรายงานผลการวิจัยโดยสำนักวิจัยและพัฒนากรมชลประทาน เพื่อหารูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่ากำลังอัดคอนกรีตที่อายุต่าง ๆ กัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสมการที่ได้ไปใช้ประกอบในการควบคุมงานก่อสร้างทั้งทางด้านโยธาและชลประทาน ทำให้สามารถประเมินค่ากำลังอัดคอนกรีตของโครงสร้างขณะดำเนินการก่อสร้างได้อย่าง

มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการทำความเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต รวมถึงอายุของคอนกรีตที่ส่งผลต่อกำลังอัดที่วัดได้ด้วยวิธีไม่ทำลาย

งานวิจัย การประเมินกำลังอัดประลัยของคอนกรีตด้วยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย (พร้อมพงศ์ ฉลาดธัญญกิจ และสนธยา ทองอรุณศรี, 2566) ศึกษาการประเมินกำลังอัดประลัยของคอนกรีตด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ใช้วิธีทดสอบแบบรวม SonReb เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนกลับและความเร็วคลื่นอัลตราโซนิคกับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต คอนกรีตมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.35 0.45 0.55 0.65 และ 0.75 และมีสภาพการบ่มตัวอย่างคอนกรีตในน้ำและในอากาศ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อคอนกรีต มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานมากขึ้นทำให้กำลังอัดประลัย ค่าการสะท้อน และความเร็วคลื่นอัลตราโซนิค มีค่าลดลง ขณะที่คอนกรีตที่มีสภาพการบ่มตัวอย่างในน้ำให้ค่ากำลังอัดประลัย ค่าการสะท้อน และความเร็วคลื่น อัลตราโซนิคมากกว่าของคอนกรีตที่มีสภาพการบ่มตัวอย่างในอากาศ และยังพบว่าค่าการสะท้อนกลับและกำลังอัดประลัยของคอนกรีต มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ส่วนค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิคและกำลังอัดประลัยของคอนกรีตมีความสัมพันธ์แบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

งานวิจัย การเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตและมอร์ตาร์ที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีค้อนชนิดและเครื่องทดสอบกำลังอัด (จิรศักดิ์ สุพรรณวัน, รัฐพล สมนา, และธีรวัฒน์ สีนศิริ, 2566) ศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์และคอนกรีตด้วยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตกับวิธีการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ที่ใช้ในส่วนผสมของมอร์ตาร์และคอนกรีตในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 0.64 และ 0.52 เพื่อให้ได้กำลังอัดออกแบบเท่ากับ 240 กก/ซม² และ 320 กก/ซม² ตามลำดับ โดยคอนกรีตใช้หินขนาดโตสุด ¾ นิ้ว ในปริมาณที่แตกต่างกัน (0, 50 และ 100%) หล่อตัวอย่างทดสอบขนาด 15x15x15 ซม. และบ่มในน้ำ หลังจากถอดแบบ ทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่มีหินในส่วนผสมมีค่าสูงกว่าของมอร์ตาร์และเพิ่มขึ้นตามค่ากำลังอัดที่สูงขึ้น ส่วนกำลังอัดของมอร์ตาร์และคอนกรีตที่ทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตมีค่ากำลังอัดลดลง ตามปริมาณหินที่ลดลงสำหรับกำลังอัดเฉลี่ยเมื่อทดสอบด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตในทิศทางที่ยิงแนวตั้งและแนวราบที่ได้ จากมอร์ตาร์ที่ออกแบบกำลังอัดไว้เท่ากับ 240 กก/ซม² และ 320 กก/ซม² พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 61 และ 68 ของค่าที่ได้ จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดตามลำดับ ส่วนของคอนกรีตที่มีปริมาณหินร้อยละ 50 และ 100 มีกำลังอัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 66 และ 74 และเท่ากับร้อยละ 76 และ 84 ของค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด

จากงานวิจัย มาตรวัดการกระแทกการประเมินคอนกรีตโดยใช้การทดสอบค้อน (ไพจิตร ผาวัน, วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธ์, และฉัตรชัย เลิศรัตนพร, 2563) ศึกษาการใช้ค้อนกระแทกแบบสมิทท์ เป็นการวัดค่ากำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่ทำลายโดยค่ากำลังอัดที่ได้เป็นค่าประมาณ และต้องใช้ร่วมกับค่าที่ทดสอบได้จากห้องปฏิบัติการ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนามาตรวัดการกระแทก เพื่อประเมินคอนกรีตโดยใช้ค้อนกระแทกแบบสมิทท์และใช้วิธีทางสถิติสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัด และค่าสะท้อน โดยมีรูปแบบตัวอย่างทดสอบ 2 รูปแบบ คือ รูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม.³ และรูปแบบกรณีสึกษา ขนาด 30x60x30 ซม.³ แต่ละรูปแบบมีค่ากำลังอัด 150 กก/ซม², 180 กก/ซม², 210 กก/ซม² และ 240 กก/ซม² ที่ 28 วัน แล้วทำการทดสอบกำลังอัดด้วย ค้อนกระแทกแบบสมิทท์ (Schmidt Hammer) และด้วยเครื่องทดสอบแรงเอนกประสงค์ (UTM) พบว่าในช่วงค่ากำลังอัดตั้งแต่ 150-240 กก/ซม² ได้ค่าการสะท้อน (RN) ในช่วง 19-32 โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดและการสะท้อนเป็นฟังก์ชันโพลิโนเมียลอันดับที่ 3 และมีค่า R² ตั้งแต่ 0.9176 ถึง 0.9766 แสดงว่ามาตรวัดการกระแทกที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ได้ดี

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อตรวจสอบความเสื่อมสภาพและกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างอาคารเก่าจำนวน 10 อาคารภายในมหาวิทยาลัย โดยเน้นทดสอบเฉพาะเสาของโครงสร้าง และทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Rebound Hammer Test)

2.2 เพื่อประเมินสภาพของโครงสร้างโดยรวมและระบุตำแหน่ง รวมถึงขนาดของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

2.3 เพื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางแก้ไขและป้องกันความเสียหายจากความเสื่อมสภาพของคอนกรีตอย่างเหมาะสม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้ คือ ศึกษารายละเอียดและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและงานวิจัยก่อนหน้าเป็นพื้นฐานในการกำหนดแนวทางการทดสอบ จากนั้นดำเนินการเตรียมวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ โดยเครื่องมือทุกชนิดได้ผ่านการตรวจสอบและปรับเทียบมาตรฐานก่อนใช้งานจริง การสำรวจโครงสร้างอาคารจะทำการเลือกอาคารที่มีลักษณะและอายุการใช้งานแตกต่างกัน จำนวนทั้งสิ้น 10 อาคาร โดยในแต่ละอาคารทำการทดสอบจำนวน 11 จุด รวมทั้งหมด 110 จุด โดยเน้นทดสอบเฉพาะเสาของโครงสร้าง การดำเนินงานวิจัยและการทดลองทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานทางวิศวกรรม ทั้งการทดสอบภาคสนามด้วยเครื่องมือแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) และการเก็บตัวอย่างบางส่วนไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบค่า หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและเปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ รวมถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากภาคสนามเพื่อนำไปใช้ประเมินความแข็งแรงและความทนทานของโครงสร้างจริง พร้อมทั้งจัดทำแผนการดำเนินงานตลอดโครงการอย่างเป็นระบบเพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3.1 ศึกษารายละเอียดและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เริ่มต้นด้วยการประสานงานกับฝ่ายอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เพื่อขอรับแบบแปลนอาคาร ข้อมูลส่วนผสมปูนที่ใช้ในการก่อสร้าง และค่ากำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบอาคาร ภายหลังจากการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วน ได้ดำเนินการสำรวจอาคารเพื่อระบุจำนวนอาคารเป้าหมายสำหรับการทดสอบ โดยเลือกทำการทดสอบอาคาร จำนวน 10 อาคาร และทำการประเมินสภาพเบื้องต้นด้วยการสังเกตการณ์ด้วยสายตา ร่วมกับการบันทึกภาพเพื่อประกอบการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ทดสอบ ขั้นตอนถัดไปคือการคัดเลือกเสาที่จะใช้ในการทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง Rebound Hammer โดยมีการกำหนดจุดทดสอบบนพื้นผิวเสาอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการสกัดผิวหน้าเสาออก และจัดทำตารางแบ่งเป็น 16 ช่องต่อจุดทดสอบ โดยแต่ละจุดมีระยะห่างกัน 1 นิ้ว เพื่อดำเนินการทดสอบกำลังอัดตามระเบียบวิธีที่กำหนด เมื่อดำเนินการทดสอบและบันทึกค่าผลลัพธ์เสร็จสิ้น ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อคาดการณ์อายุการใช้งานของคอนกรีตในแต่ละอาคาร และระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการซ่อมแซมบำรุงรักษา นอกจากนี้ในอนาคตโครงการมีแผนที่จะขยายบริการสู่ชุมชน โดยการดำเนินการทดสอบกำลังอัดของอาคารในสถานที่ราชการเพื่อสรุปผลการวิเคราะห์และแจ้งข้อมูลให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย

วัสดุเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยและทดสอบที่สำคัญสำหรับงานวิจัยดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 1 เครื่อง Rebound Hammer

3.3 การสำรวจโครงสร้างอาคารและปัญหาที่พบ

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการสำรวจโครงสร้างอาคารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 10 อาคาร โดยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง เช่น แบบโครงสร้าง ประวัติการใช้งานข้อมูลวัสดุ ตำแหน่งของโครงสร้าง โดยเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของโครงสร้างที่อยู่ภายใน และมุ่งเน้นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นกับอาคารหลายแห่ง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 การสำรวจโครงสร้างอาคารและปัญหาของโครงสร้างอาคาร

โครงสร้างอาคาร	ปัญหาของโครงสร้างอาคาร
อาคารห้องประชุมมานิจ ชุมสาย	การกระแทกออกของผิวคอนกรีต, การบิดเบี้ยวหรือเคลื่อนตัวของโครงสร้าง, การสูญเสียผิวคอนกรีตเนื่องจากการสึกกร่อน และการวิบัติของวัสดุอุดรอยต่อ
อาคารเรียนอนุบาลประสงค์ (อาคาร 29) และอาคารสำนักศิลปะและวัฒนธรรม (อาคาร 29 ต่อเนื่อง)	การกระแทกออกของผิวคอนกรีต และการวิบัติของวัสดุอุดรอยต่อ
อาคารสโมสรอาจารย์และตึกสมาคมศิษย์เก่า	การกระแทกออกของผิวคอนกรีต, การบิดเบี้ยวหรือเคลื่อนตัวของโครงสร้าง และการวิบัติของวัสดุอุดรอยต่อ
อาคาร 36 คณะศึกษาศาสตร์	การวิบัติของวัสดุอุดรอยต่อ และการกระแทกออกของผิวคอนกรีต
อาคารสาขาวิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์	พื้นอาคารทรุด
อาคาร 26 คณะวิทยาศาสตร์	การกระแทกออกของผิวคอนกรีต
อาคาร 3 มนุษยศาสตร์	การบิดเบี้ยวหรือเคลื่อนตัวของโครงสร้าง

3.4 การทดสอบตามมาตรฐานทางวิศวกรรม

การทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้ใช้มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่ทำลาย โดยใช้วิธีหาค่าความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยค้อนกระทบ (Rebound Hammer)

ตารางที่ 2 การทดสอบตามมาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่ทำลาย

มาตรฐาน	การทดสอบ	วิธีการทดสอบ
ASTM C805, มยผ.1302-51	Rebound Hammer Test	ทดสอบด้วยการกระแทกผิวหน้าคอนกรีต แล้วอ่านค่าการสะท้อน ใช้สำหรับประเมินกำลังอัดโดยประมาณ

การประเมินกำลังอัดของคอนกรีตด้วยเครื่องรีบาวด์แฮมเมอร์เป็นวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มต้นจากการเตรียมพื้นผิวคอนกรีตให้เรียบ เนื่องจากความเรียบของพื้นผิวส่งผลโดยตรงต่อค่าการสะท้อนกลับ (Rebound Number) โดยพื้นผิวที่ไค้งนูนหรือเว้าอาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อน จากนั้นจึงกำหนดตำแหน่งทดสอบ 16 จุด ในแต่ละบริเวณ โดยแต่ละจุดต้องมีระยะห่างกันอย่างน้อย 30 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น ๆ

ก่อนการทดสอบ ผู้ใช้งานต้องเตรียมเครื่องมือให้พร้อม ด้วยการปลดแท่งเหล็ก (plunger) ของเครื่องออกจากตัวล็อก เพื่อให้กลไกพร้อมสำหรับการทำงาน ในระหว่างการทดสอบ ให้วางเครื่องตั้งฉากกับผิวคอนกรีตแล้วกดลงไปอย่างสม่ำเสมอ เมื่อค้อนกระทบถึงระดับที่กำหนด กลไกภายในจะทำงาน ทำให้ลูกตุ้มเหล็ก (hammer mass) กระแทกและสะท้อนกลับ ผู้ใช้งานสามารถอ่านค่า

Rebound Number ได้โดยตรงจากมาตรวัดที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง เมื่อได้ค่าครบทั้ง 16 จุด จะนำมาหาค่าเฉลี่ยและตรวจสอบความคลาดเคลื่อน ของแต่ละค่า โดยทุกค่าจะต้องไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (เช่น $\pm 20\%$ หรือตามมาตรฐานที่กำหนด) หากพบค่าที่คลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ จะต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมในตำแหน่งใหม่ที่อยู่ห่างจากจุดเดิมอย่างน้อย 30 มิลลิเมตร จนกว่าจะได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือครบถ้วน การปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้้อย่างเคร่งครัดจะช่วยให้ได้ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่มีความแม่นยำและเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสภาพโครงสร้างต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในการทดสอบภาคสนาม

การตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีเป้าหมายหลักในการ ประเมินสภาพโครงสร้าง โดยพิจารณาจากสามองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ความแข็งแรงของโครงสร้าง ความสามารถในการใช้งาน และความคงทนของโครงสร้าง สำหรับการตรวจสอบอาคารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมนั้น จุดประสงค์สำคัญที่สุดคือการระบุสาเหตุของความเสียหายหรือการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้น และประเมินระดับความเสียหายของโครงสร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการซ่อมบำรุงหรือบำรุงรักษาโครงสร้างอย่างเหมาะสมต่อไป ในกระบวนการนี้ การตรวจสอบด้วยการตรวจพินิจ (Visual inspection) และการตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT) ถือเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่จำเป็นอย่างยิ่ง การดำเนินการดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ตรวจสอบมีข้อมูลที่เพียงพอในการ วิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้าง ในรูปแบบต่าง ๆ และสามารถคาดการณ์อายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ผลการวิจัย

การศึกษานี้วิเคราะห์ค่ากำลังอัดของคอนกรีตโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย (Rebound Hammer) กับวิธีมาตรฐาน (Compressive Test) โดยใช้ลูกปูนตัวอย่างจำนวน 12 ก้อน แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 6 ก้อน ผลการเปรียบเทียบชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากทั้งสองวิธี ซึ่งสามารถนำไปประเมินความน่าเชื่อถือของการใช้รีบา운드แฮมเมอร์ในการตรวจสอบคุณภาพคอนกรีตภาคสนามได้ วิเคราะห์และวิจัยคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง โครงสร้าง หรือส่วนต่างๆ มีวิธีการที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างซึ่งการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing) จะไม่ทำให้เกิดความเสียหาย วิธีการใช้กับการปฏิบัติงานในโครงการทดสอบกำลังอัดด้วยวิธีรีบา운드แฮมเมอร์เป็นการตรวจสอบความแข็งแรงของคอนกรีตแบบไม่ทำลาย ประเมินค่ากำลังสูงสุดของคอนกรีตใช้หลักการวัดค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Hammer) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในทำให้การทดสอบเกิดการสะท้อนกลับมีค่าดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับการดูดซับพลังงานของผิวคอนกรีตมีความแข็งแรงกว่าค่าดัชนีสะท้อนกลับ ผลการทดสอบสามารถนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้



ภาพที่ 2 การทดสอบตัวอย่างด้วย Rebound Hammer



ภาพที่ 3 (ก) ตัวอย่างชุดที่ 1 (ข) ตัวอย่างชุดที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตัวอย่างชุดที่ 1

ลำดับที่	Compressive Test (KSC)	Rebound Hammer (KSC)
1	270.6	285
2	263.8	214
3	186.8	163
4	316.9	224
5	357.9	204
6	348.7	234
ค่าเฉลี่ยรวม	290.78	220.66

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบตัวอย่างชุดที่ 2

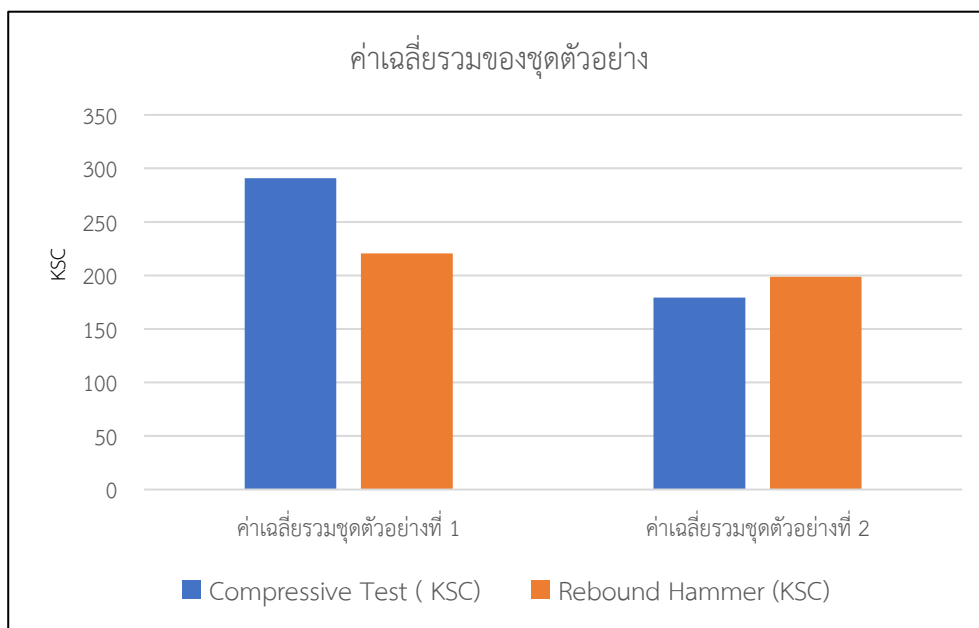
ลำดับที่	Compressive Test (KSC)	Rebound Hammer (KSC)
1	164.4	194
2	170.9	163
3	166.1	163
4	192.2	224
5	261.1	245
6	167	204
ค่าเฉลี่ยรวม	179.45	198.83

เพื่อยกระดับความแม่นยำในการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตด้วยรีบาวด์แฮมเมอร์ (Rebound Hammer) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนด ค่าปรับแก้ (Correction Factor) โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบด้วยรีบาวด์แฮมเมอร์กับการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด (Compressive Test) ผลลัพธ์ที่ได้ หารกับค่าของ Rebound Hammer และนำไป คูณ 100 ได้ดังนี้ $419.49 - 470.23 = 50.74$ KSC $50.74 / 419.49 = 0.12$ KSC $0.12 \times 100 = 12\%$ ค่าปรับแก้ได้เท่ากับ 12% เมื่อรวมค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบทั้งสองชุด (Compressive Test = 470.23 KSC, Rebound Hammer = 419.49 KSC) พบว่ามีความแตกต่าง 50.74 KSC ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12 ของค่าที่ได้จากรีบาวด์แฮมเมอร์ ดังนั้น จึงกำหนดให้ค่าปรับแก้เป็นร้อยละ 12 โดยคณะผู้วิจัยได้นำ

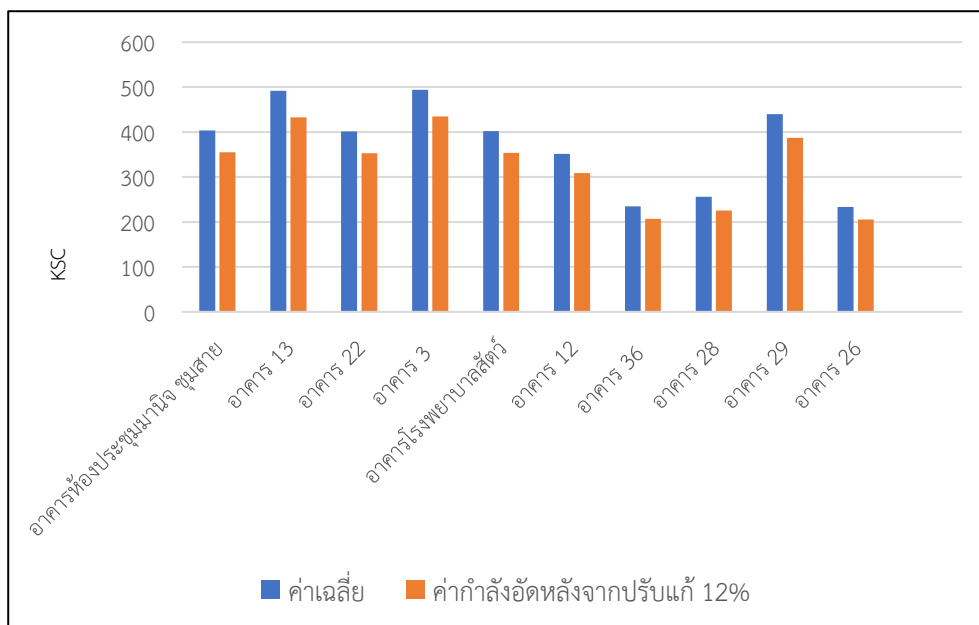
ค่าปรับแก้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณปรับแก้ค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบรีบาวด์แฮมเมอร์ของอาคารต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

สถิติวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทางสถิติของงานวิจัยนี้จะดำเนินการโดยการหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบด้วยรีบาวด์แฮมเมอร์ (Rebound Hammer) และเครื่องทดสอบกำลังอัด (Compressive Test)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Rebound Hammer) กับวิธีมาตรฐาน (Compressive Test)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยการทดสอบด้วย Rebound Hammer และค่าปรับแก้ด้วยค่า Correction Factor ที่ 12%

จากผลการทดสอบที่ปรากฏในภาพที่ 5 พบว่า ลำดับที่ 2, 4 และ 10 มีค่ากำลังอัด (KSC) สูงกว่าค่า Strength ที่ออกแบบไว้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่คอนกรีตถูกเหล็กเสริมภายในเนื้อคอนกรีตในระหว่างการทดสอบ ขณะที่ลำดับที่ 7, 9 และ 11 แสดงค่ากำลังอัด (KSC) ที่ต่ำและมีค่าเปอร์เซ็นต์ Loss สูง ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจากมีโพรงภายในเนื้อคอนกรีตหรือมีความเสียหายเกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์เซ็นต์ Loss ที่สูงหรือต่ำเกินไปในการทดสอบครั้งนี้ อาจมีสาเหตุมาจากการที่ผู้วิจัยทำการทดสอบเพียงจุดเดียวต่อเสาหนึ่งต้นจากจำนวนเสาทั้งหมดของอาคาร ซึ่งอาจไม่สะท้อนสภาพโดยรวมได้อย่างสมบูรณ์

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเลือกจุดทดสอบควรเลือกจุดทดสอบที่มีลักษณะพื้นผิวคอนกรีตที่ดี ไม่มีรอยร้าว หรือการเสื่อมสภาพที่เห็นได้ชัดเจน เพื่อให้ผลการทดสอบมีความแม่นยำ การประเมินกำลังอัดของคอนกรีตด้วยรีบาร์ดแฮมเมอร์โดยทั่วไปอ้างอิงจากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและค่าการสะท้อน อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความแตกต่างของวัสดุ ส่วนผสมคอนกรีต สภาพแวดล้อมขณะทดสอบ และข้อมูลการทดสอบจากผู้ผลิตคอนกรีตแต่ละราย เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมิน ควรสร้างกราฟความสัมพันธ์โดยใช้คอนกรีตที่มีวัสดุ สัดส่วน หรือสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับที่ใช้จริงในโครงสร้าง นอกจากนี้ ควรมีการทดสอบเสริมอื่น ๆ เช่น การเจาะเก็บตัวอย่าง (Coring) การใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Pulse Velocity) หรือการทดสอบความต้านทานการเจาะ (Penetration Resistance) เพื่อยืนยันความสอดคล้องของข้อมูล ในการประเมินกำลังอัดคอนกรีตด้วยรีบาร์ดแฮมเมอร์ ควรเลือกจุดทดสอบ ที่มีพื้นผิวคอนกรีตเรียบ ไม่มีรอยร้าวหรือการเสื่อมสภาพที่เห็นได้ชัดเจน เพื่อให้ผลลัพธ์แม่นยำ จากนั้นเตรียมพื้นผิวโดยทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่นสิ่งสกปรกและหากพื้นผิวขรุขระควรกำจัดความหยาบออก สุดท้ายเปรียบเทียบค่ารีบาร์ดที่ได้กับมาตรฐานการทดสอบคอนกรีตที่เกี่ยวข้องเพื่อประมาณค่ากำลังอัดของคอนกรีตต่อไป หากอาคารมีค่ากำลังอัดคอนกรีตต่ำกว่ามาตรฐาน ควรดำเนินการซ่อมเสริมกำลังโครงสร้าง เช่น การหุ้มเหล็ก การเสริมไฟเบอร์ หรือการซ่อมคอนกรีตเฉพาะจุด ขณะที่อาคารที่ยังคงมีกำลังอัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ควรเน้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อยืดอายุการใช้งานของโครงสร้าง

6. เอกสารอ้างอิง

- จิรศักดิ์ สุพรมวัน, รัฐพล สมณา, และธีรวัฒน์ สิ้นศิริ. (2566). การเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตและมอร์ตาร์ที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีค้อนหมัดและเครื่องทดสอบกำลังอัด. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี 11, นครราชสีมา, ประเทศไทย.
https://cheqa.rmuti.ac.th/rmuti_1700/2559/ระดับคณะ/องค์%20/คส.%202.3-86.pdf
- ชูชัย สุจิรากรกุล, และกนกวรรณ ชัยวรวิทย์กุล. (2560). อิทธิพลของค่ากำลังอัดของคอนกรีตและขนาดตัวอย่างทดสอบที่มีผลต่อการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก. วารสารบทความวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา, 1(1), 1-7. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/195400>
- พร้อมพงศ์ ฉลาดธัญญกิจ, และสนธยา ทองอรุณศรี. (2566). การประเมินกำลังอัดประลัยของคอนกรีตด้วยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีค้อนกระแทกวิธีใช้คลื่นอัลตราโซนิกและวิธีทดสอบแบบรวม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28. กรุงเทพฯ. <https://conference.thaince.org/index.php/ncce28/article/view/2107/1208>
- ไพจิตร ผาวัน, วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธ์, และฉัตรชัย เลิศรัตนพร. (2563). มาตรฐานการกระแทกการประเมินคอนกรีตโดยใช้การทดสอบค้อน. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ครั้งที่ 38. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
<https://dspace.spu.ac.th/server/api/core/bitstreams/08e2148c-ba1e-44f7-9fec-dc48583f687a/content>
- วินิตย์ ชลายนานนท์, และสุวัฒน์ พาหุสุวัฒน์. (2531). ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตและอายุคอนกรีต (รายงานผลการวิจัย). สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน. <http://research.rid.go.th/webdata/2/0004.pdf>

- ศุภชัย สันถาวร. (2553). การประเมินกำลังของคอนกรีตด้วยการทดสอบแบบไม่ทำลาย. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ, 5(2), 43-49. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SwuENGj/issue/view/210>
- สราวุธ สร้อยเรืองศรี, ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, และโอภาส สุขหวาน. (2550). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมระยะหุ้มเหล็กเสริม และปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตในมวลคอนกรีตเสริมเหล็กกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ ทำลายด้วยวิธีคอนกรีตทดสอบแบบ. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 1(1), 67-76. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/article/view/2029>
- อริยชัย มิ่งโสภา, แดน อุตพงษ์, เสาวรส หะสิตะ, ศรัทธา พลังทรงสถิต, จรัส รัตนโชตินันท์, ไชยนันท์ รัตนโชตินันท์, กฤษ คำณนธรรม, จุฬาวลัย นนตะพันธ์, และกิตติชัย รัตนโชตินันท์. (2567). การศึกษาความเหมาะสมในการรับกำลังแรงอัดของ คอนกรีตที่ผสมอิฐมวลเบาและพลาสติกเหลือทิ้ง. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 34(2), 153-159. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/scicru/article/view/3195>
- อภิชาติ คำภะลา, โกสีย์ เทียมลม, และจิระยุทธ สืบสุข. (2557). อิทธิพลของวิธีการบ่มต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 7(2), 87-96. <https://www.rmutto.ac.th/index.php?menu=shownews&idnews=TP1489>
- Kumavat, H. R., Chandak, N. R., & Patil, I. T. (2021). Factors influencing the performance of rebound hammer used for non-destructive testing of concrete members: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00491. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00491>